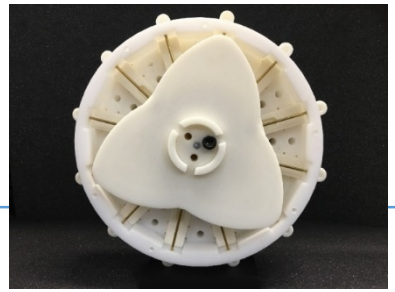
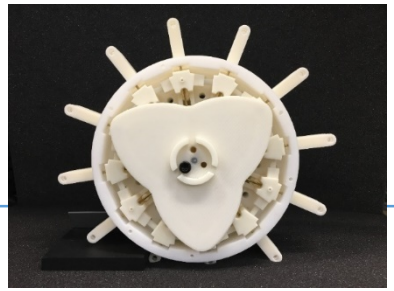
段差克服変形車輪

「段差を走破する伸縮式変形車輪の設計開発」





東京電機大学
未来科学部 ロボット・メカトロニクス学科
岩瀬　将美
井上 淳, 陳　耀威

2019年10月24日

(C) Iwase-lab@TDU
2019

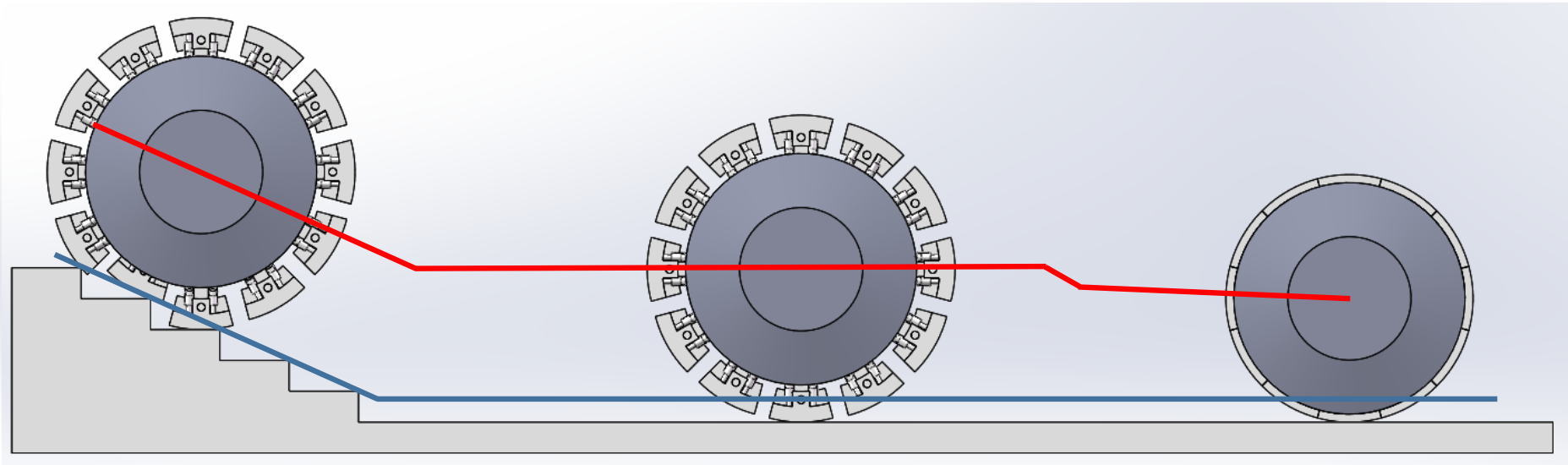
変形車輪のニーズ

■ベビーカー，自転車，車いす，シニアカー，パーソナルモビリティ，などほぼすべての乗物に共通して「段差」や「溝」は走行上の問題となり得る

(C) Iwase-lab@TDU
2019

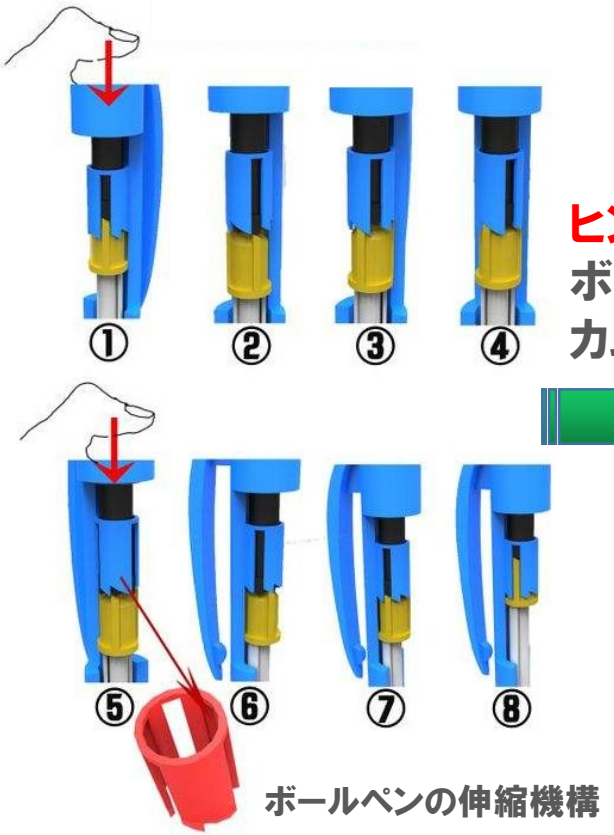
段差移動時の車輪変形

■円周状に複数配置された変位ユニットが
半径方向に伸縮することで，段差走破を可能に



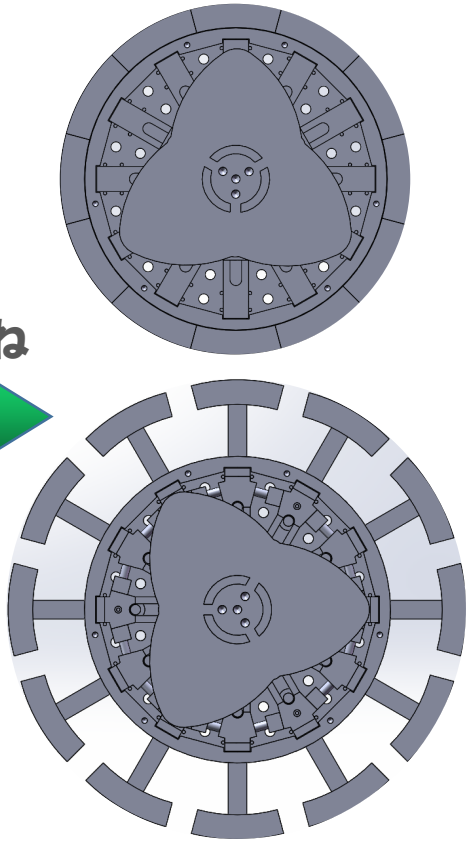
(C) Iwase-lab@TDU
2019

ブレインストーミング

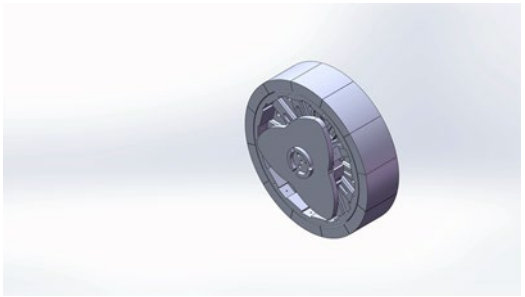


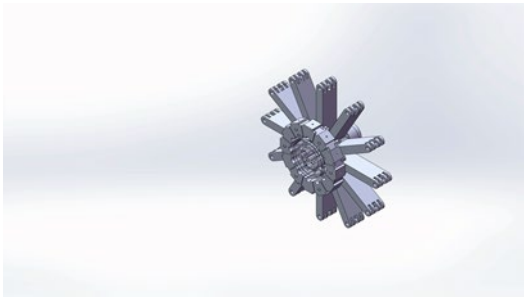
ボールペンの伸縮機構

ヒント
ボールペンの
カム機構とばね



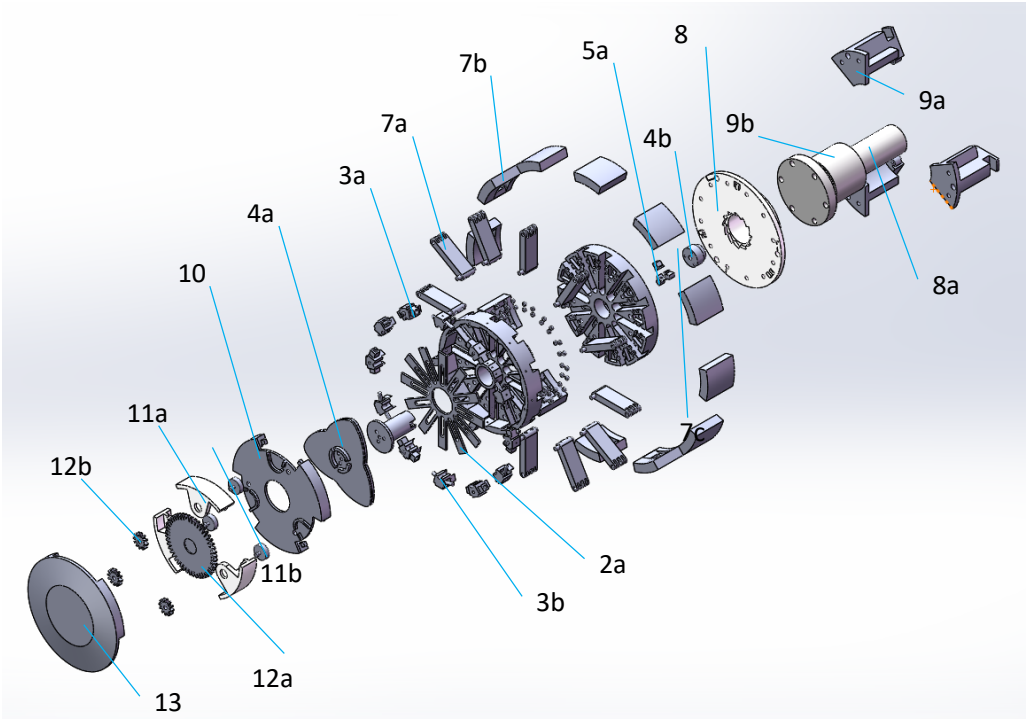
変形車輪の伸縮機構





(C) Iwase-lab@TDU
2019

部品構成

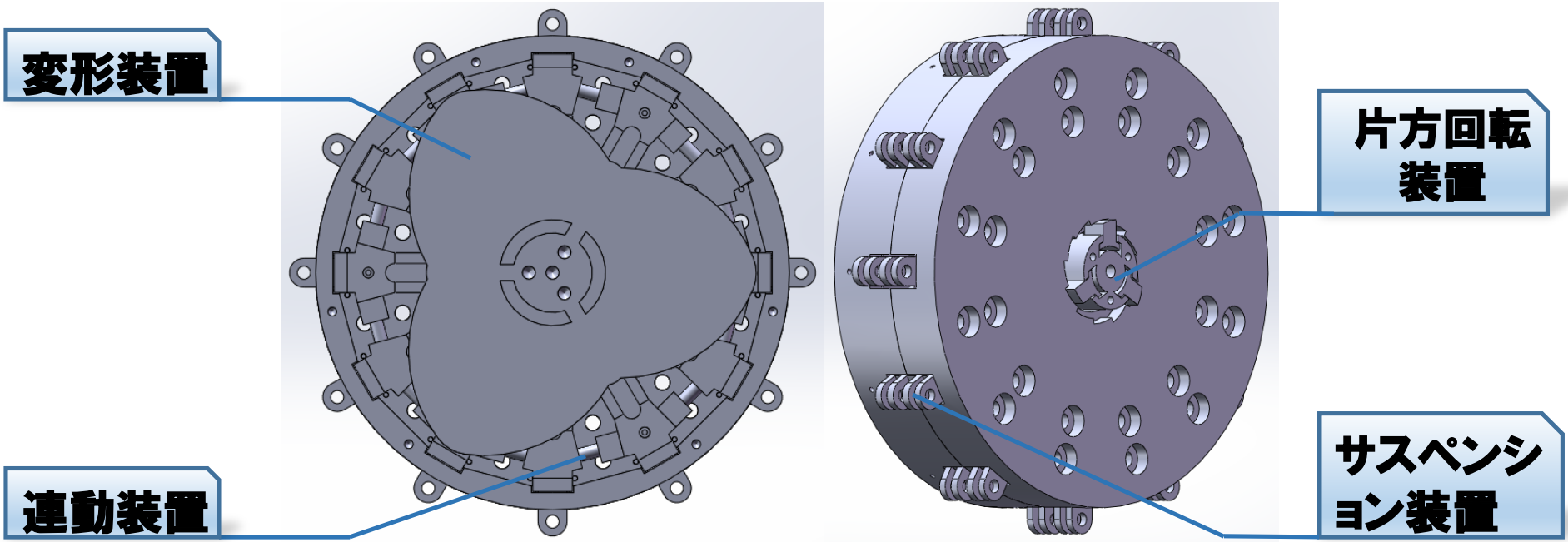


1a	レール［変］	1b	レール［限］
2a	カバーパネル［主］	2b	カバーパネル［副］
3a	限位ユニット［主］	3al	リフター
3b	限位ユニット［副］	3c	復位バネ
4a	伸縮カム	4b	軸カーバ
5a	ロック爪	5b	ロックバネ
6a	シフトゲージ［軸］	6b	シフトゲージ［盤］
7a	変位ユニット	7b	タイヤ
7c	変位バネ	7d	連接棒
7e	コイルオーバー	8a	車軸
8b	車軸連接部	9a	ブラシ
9b	リング	10	内部カバー
11a	モーターカバー	11b	偏平モーター
12a	太陽歯車	12b	遊星歯車
13	防塵カバー		

(C) Iwase-lab@TDU
2019

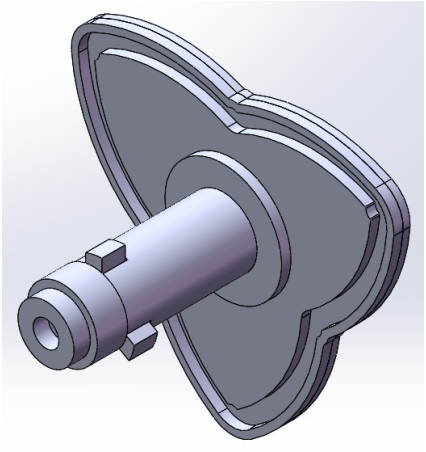
メカニズム（全体構成）

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

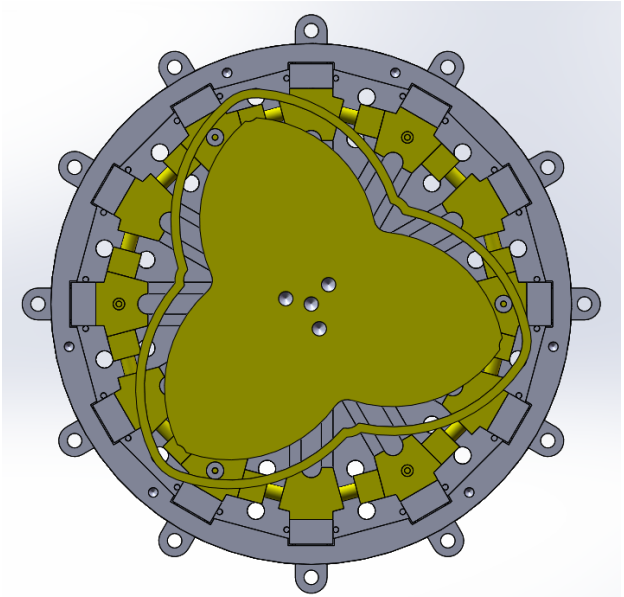


(C) Iwase-lab@TDU
2019

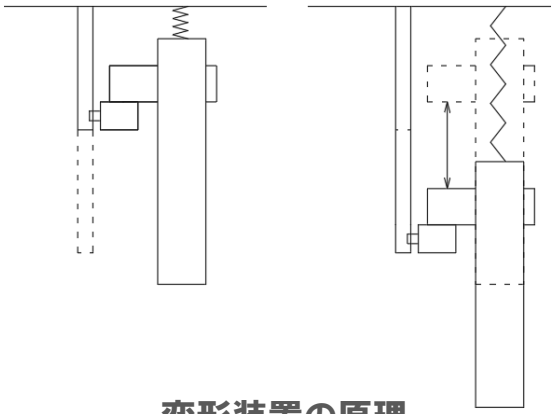
メカニズム（変形装置）



変形装置のカムガイド



変形装置



変形装置の原理

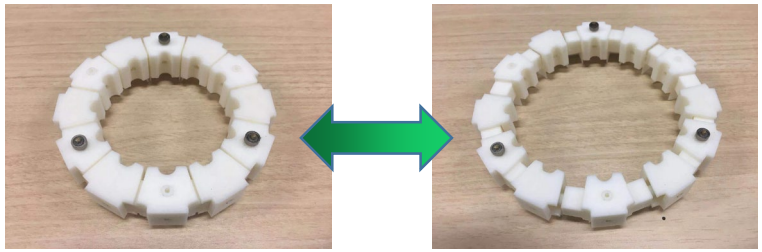
中央の三つ葉状のカムの回転により
車輪ハブの伸縮の限位をコントロール

車輪状態（収縮）：限位ユニットがカムの谷部に当たる
展開状態（拡張）：限位ユニットがカムの山部に当たる

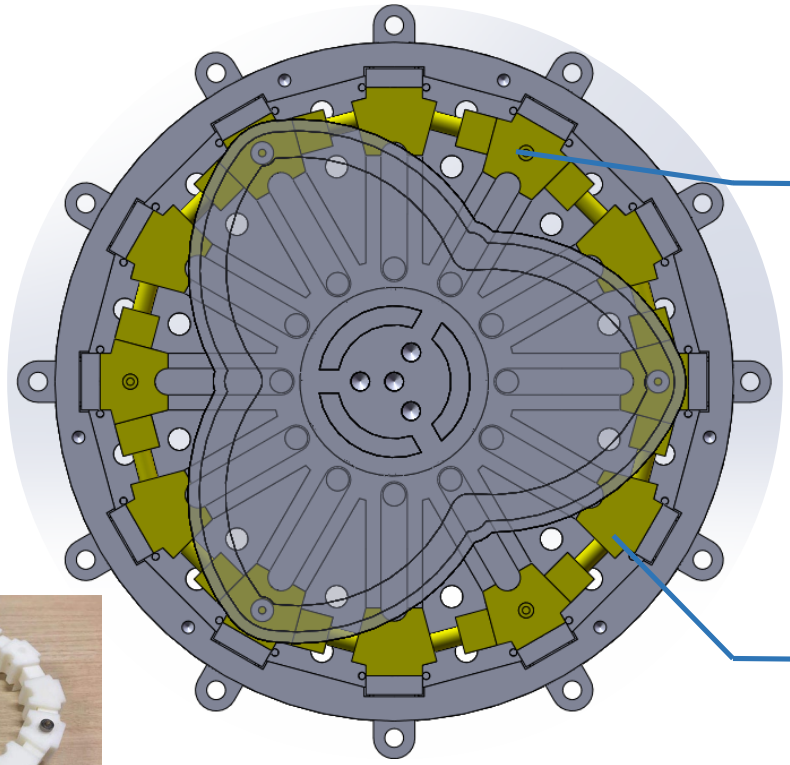
(C) Iwase-lab@TDU
2019

メカニズム（連動装置）

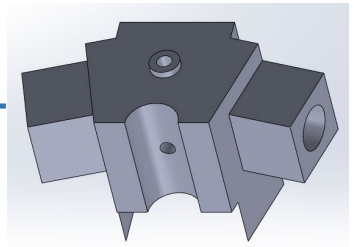
■ 連動装置
限位ユニット（主）がカムガイドに沿って運動
↓
限位ユニット（副）が連動して運動
↓
変位ユニット全体が連動



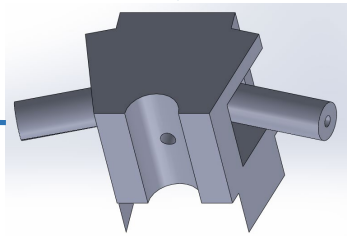
収縮状態　　展開状態



連動装置の結構図



限位ユニット（主）

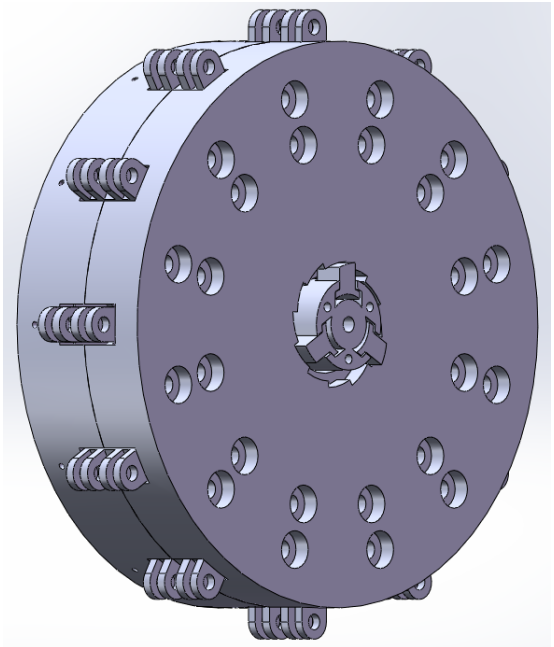


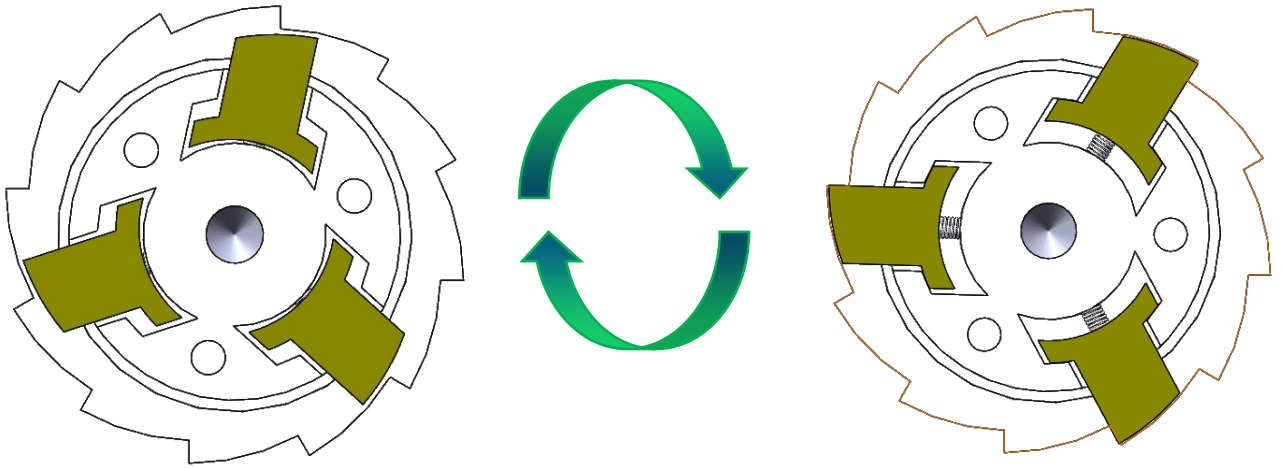
限位ユニット（副）

(C) Iwase-lab@TDU
2019

メカニズム（回転方向制限）

■ラッチ機構を有することで，カムガイドは**一方向に回転**する

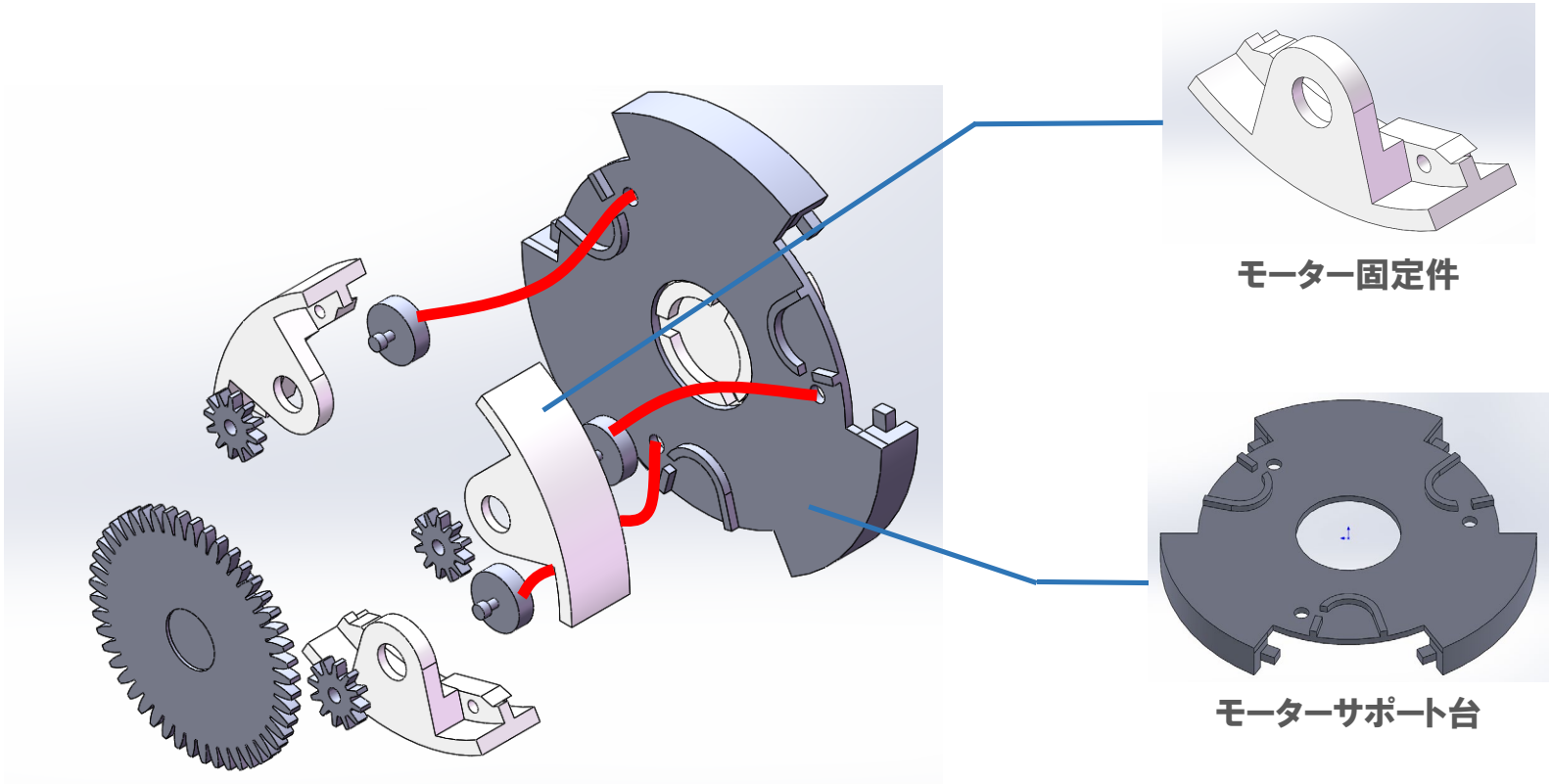




(C) Iwase-lab@TDU
2019

カム駆動装置

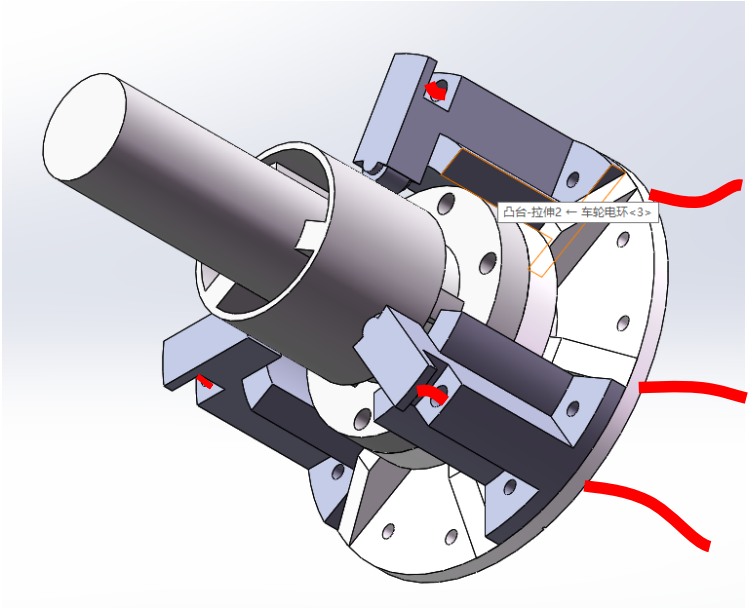
新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!



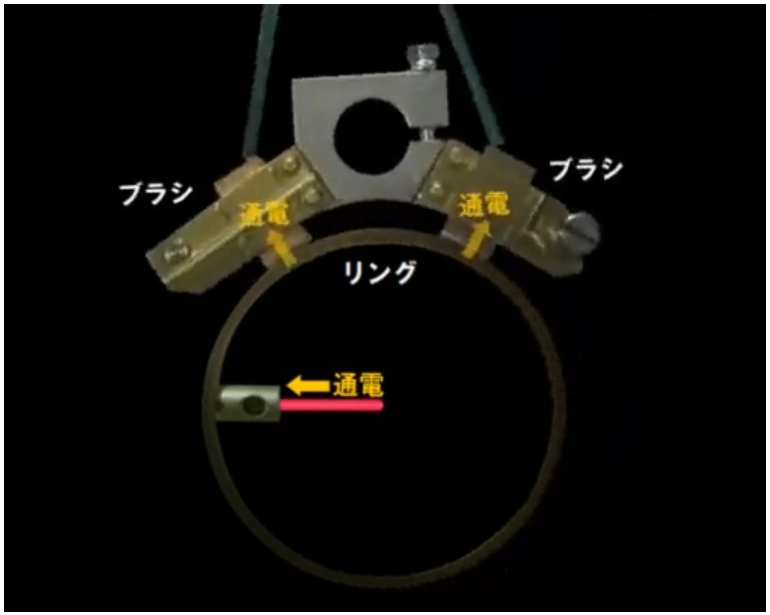
遊星歯車駆動装置組立図
※赤線は偏平モーターの電線

(C) Iwase-lab@TDU
2019

電力供給(スリップリング)

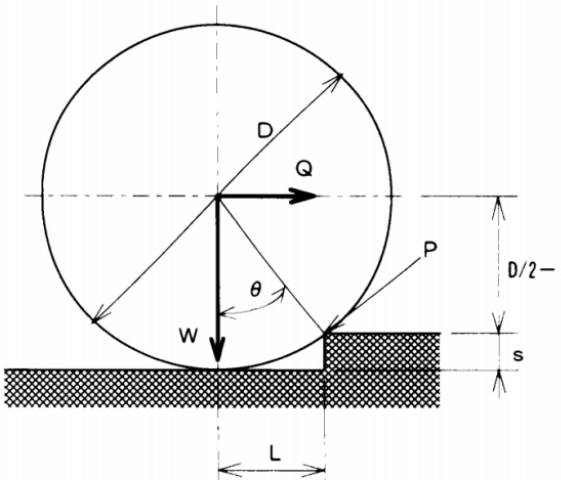


スリップリング装置図
※赤線は偏平モーターの電線である



スリップリング原理図

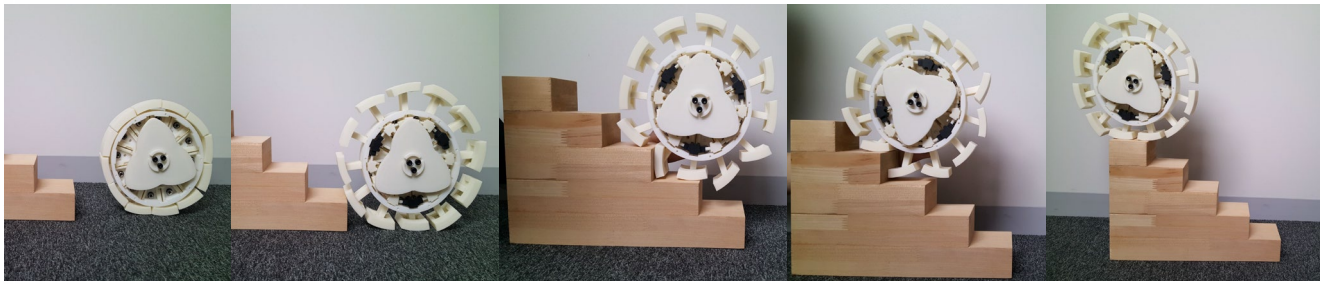
効果検証



W：車輪にかかる荷重。
Q：車輪を押す力。
D：車輪直径。（半径はR）
s：段差の高さ。
θ：車輪の回転中心，車輪と水平面，車輪と段差の角の接点間の角度。
L：車輪と水平面の接点から車輪と段差角との接点間の水平距離。

$$Q > W \cdot \tan\theta$$

展開し，単純に半径が大きくなっただけでも



車輪は半径RをΔR伸ばす。当モデルの寸法は：R=9cm、ΔR=3cm、s=5cm

$$\tan\theta = \sqrt{\frac{R^2-(R-s)^2}{(R-s)^2}} \qquad \tan\theta' = \sqrt{\frac{(R+\Delta R)^2-(R+\Delta R-s)^2}{(R+\Delta R-s)^2}}$$

$$\tan\theta = \sqrt{\frac{9^2-(9-5)^2}{(9-5)^2}} = \frac{\sqrt{65}}{4} = 2.0156(\theta = 63.6126) \qquad \tan\theta' = \sqrt{\frac{(9+3)^2-(9+3-5)^2}{(9+3-5)^2}} = \frac{\sqrt{95}}{7} = 1.3924(\theta' = 54.314)$$

$\frac{\tan\theta}{\tan\theta'} = 0.6908$ ⇒ 同じ荷重Wのもと、展開後の押す力Qは元の0.7倍以下

同じ押す力Qで、上れる段差の高さは1.3倍以上 $\frac{R-s}{R} = \frac{R+\Delta R-s'}{R+\Delta R}$ ⇒ $s' = \frac{20}{3} = 6.6667(cm)$

。

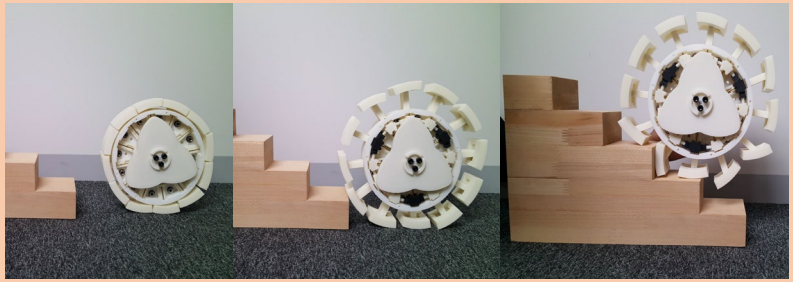
径増大と共にハブの伸縮機能によって，半径の単純増よりもさらに走破能力が向上する

(C) Iwase-lab@TDU 2019

本技術の優位性／従来技術との比較

車輪型 [1]	平面走行時効率に優れる
	段差・障害の走破性が低い
クローラー型 [2]	段差・悪路の走破性に優れる
	平地走行効率が劣る. 路面を傷つける.
脚型 [3]	階段など大きな段差でも走破. 狭小な場所も移動可.
	メカニズム複雑. 移動効率が低い.
合成型 [4]	走破可能な環境が広い. 走行環境に適応.
	メカニズムが複雑.

提案技術「変形車輪」



車輪の利点を兼ね備える：

- **平面走行の高速性**
- **平面走行の安定性**

これに加え、可変ハブによって実現される利点は：

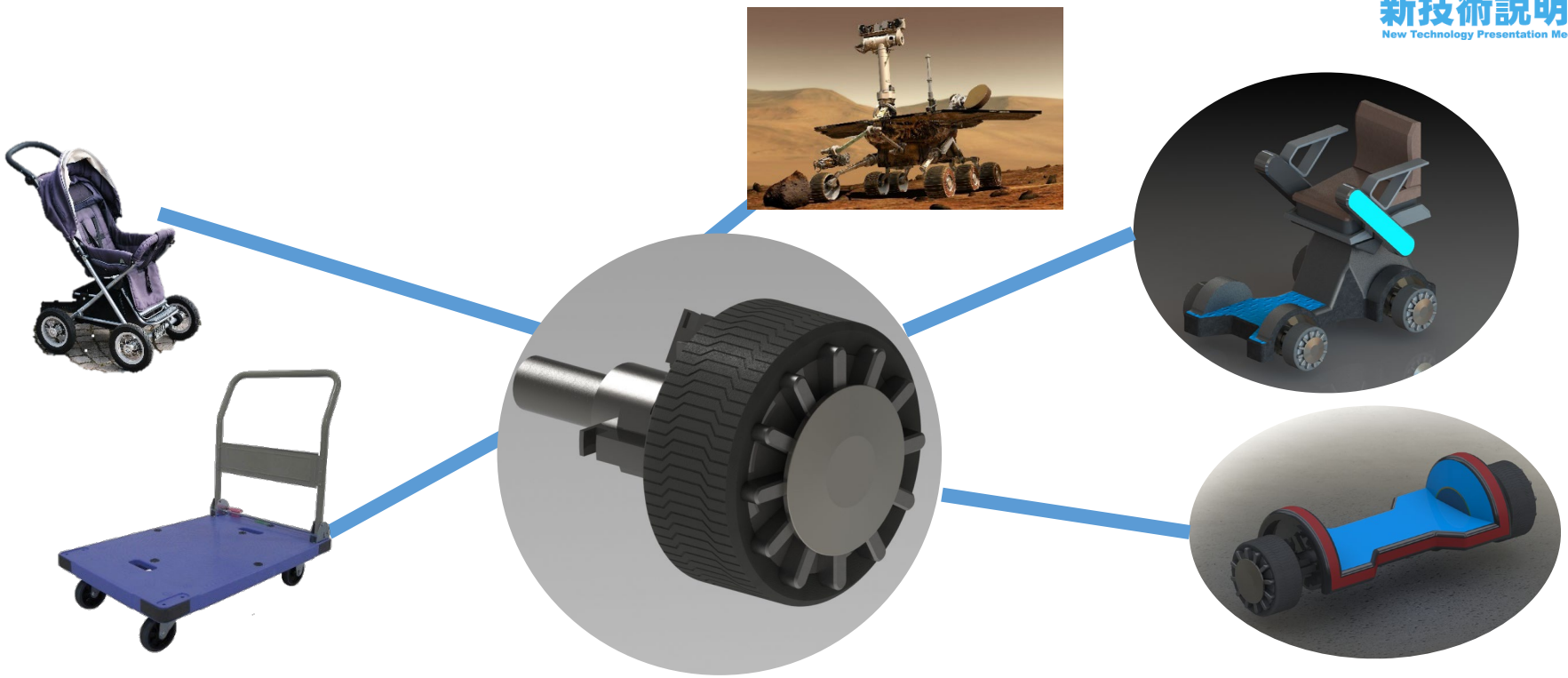
- **平面と段差、不整地間の高効率移動**
- **段差、不整地走行の高速移動**
- **段差、不整地走行の安定移動**

提案する変形車輪は

高効率で多様地形を対応し，高速で安定で走行できる。

(C) Iwase-lab@TDU 2019

本技術の展開先



福祉・医療分野	車椅子，歩行補助具など福祉機器への応用。ストレッチャー等の医療器具も含む。
PMV分野	次世代自転車、自動車，パーソナルモビリティへの搭載。
運送領域	台車や，荷物の自動運搬システムへの搭載。スマート物流を担う輸送ロボットへの応用。
ロボット領域	環境探査や災害・救援ロボット。災害現場における運搬ロボット・惑星表面を移動する宇宙探索ロボットなど。

(C) Iwase-lab@TDU 2019

実用化向けた課題／企業への期待

課題	
基礎設計	構造のシンプル化
	パワーユニットの小型化
	階段との適合率の向上
	軽量化
カム機構	動作抵抗の減少
	形状の最適化
伸縮機能	伸縮量の増加
	耐荷重性の向上

実用化に向けた共同研究	
技術面の支援	・ 回転カム機構の再設計。特に異なる荷重に対応する最適のカム形状。
	・ 伸縮機構及び材料の選択。伸縮機構の使用寿命を増加する。
	・ 駆動系上限の増加。特に高荷重状況の駆動系設計。
商品化支援	・ 外観の再設計。
	・ 商品レベルのアレンジ。
	・ 商品販売の宣伝及び運営。
後期開発支援	・ 商品マップ化、系統化する。異なる状況に対応できる商品系。
	・ 新たな機能の発見。段差克服に拘らず、新用途を発見する。

(C) Iwase-lab@TDU 2019

産学連携の実績

- 炭粉末を塗布したマットの影響解析，（株）安心堂／（株）ナチュラルアビリティ，2018
- ドローンとLiDARを活用した森林毎木調査，吾妻森林サービス㈱，2018
- サステイナブルなエネルギー・炭素循環を支えるスマートフォレスト，埼玉県産業連携研究開発プロジェクト，2015～2017／林業組合・ドローン企業
- 車いすナビゲーションロボットの開発，埼玉県ロボット研究開発委託事業，2015～2017／埼玉富士
- リチウムイオン電池のモデリング，（株）エヌエフ回路設計ブロック，2015～2017
- モバイル自転車ロケーションシステムの開発，（株）ブロードバンドタワー，2015
- 炭粉末を塗布したカーペットの影響解析，（株）安心堂，2015
- 炭粉末を塗布したインソールの影響解析，（株）安心堂，2013
- 歩行器の開発，日本ロボティクス（株），2010～2011
- エンジン出力トルク推定，トヨタ自動車，2005～2007

(C) Iwase-lab@TDU 2019

本技術に関する知的財産権／問い合わせ先

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

発明の名称　　：車輪及び車両
出願番号　：2019-129513
出願人　　：東京電機大学
発明者　　：岩瀬将美、井上淳、陳耀威

東京電機大学　産官学交流センター
産学連携コーディネーター　許斐信介
-TEL　：03-5284-5225
-MAIL：crc@jim.dendai.ac.jp

(C) Iwase-lab@TDU
2019